



УДК 551.21

Л. П. Аникин, Л. П. Вергасова, А. П. Максимов,  
А. А. Овсянников, В. М. ЧубаровИнститут вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, 683 006;  
e-mail: [maximov@kscnet.ru](mailto:maximov@kscnet.ru)

## Пеплы извержения Корякского вулкана в 2009 г.

Представлены результаты изучения гранулометрического, химического и минералогического анализа пеплов извержения Корякского вулкана в 2009 г. Отмечается высокая тонкозернистость пеплов, отсутствие в них частиц свежего вулканического стекла и широкий спектр минералов различного генезиса. Выделяются обычные магматические минералы, большое количество разнообразных аксессуаров и минералы гидротермального генезиса. Делается вывод о смешанном генезисе пеплов и гидротермальном характере активизации вулкана.

### Введение

Корякский вулкан — наиболее крупное вулканическое сооружение в Авачинской группе вулканов, расположенной в непосредственной близости от городов Петропавловска-Камчатского и Елизово. В историческое время вулкан редко проявлял активность. Она выражалась либо в усилении фумарольной деятельности [7, 12], либо в коротком эпизоде слабых и умеренных эксплозий с небольшим содержанием пепла [4, 11]. Весной 1994 г. произошло усиление сейсмической активности на глубинах 0–8 км под постройкой вулкана, но соответствующего проявления вулканической активности не наблюдалось [3].

Последняя активизация началась в 2008 г., но наиболее заметная вулканическая деятельность имела место в 2009 г. Основные события, наблюдавшиеся в связи с активизацией, а также предварявшая и сопровождавшая её сейсмическая активность, описаны в [2, 10]. Центры активности находились ниже вершины на западном склоне вулкана на высоте около 3 км н. у. м. В начале января наблюдались три центра активности, расположенных по радиальной трещине, в марте осталось два. Выделения пепла были связаны с верхним центром, ниже происходила только фумарольная активность (рис. 1). С целью анализа характера и механизма последней активизации Корякского вулкана был изучен химический, минеральный и гранулометрический состав пеплов.

### Особенности пеплов последнего извержения Корякского вулкана

Пеплы, как правило, имели незначительную мощность и были смешаны со снегом. На стадии предварительной подготовки они оттаивались от снега, отфильтровывались и высушивались при комнатной температуре.

По валовому химическому составу пеплы можно отнести к среднекалиевым известково-щелочным

андезибазальтам-андезитам (табл. 1, рис. 2). Этот вывод, отчасти, носит формальный характер, т. к. пеплы имеют смешанное происхождение, как показало изучение их минералогии. Судя по составам пеплов, проанализированным в одной лаборатории (табл. 1, №2–4), намечается некоторая их дифференциация пеплов по химическому составу в сторону увеличения кислотности с удалением от центра извержения. Однако, для более уверенного заключения данных явно недостаточно.

Важной особенностью состава пеплов являются весьма высокие содержания серы: 1,8–2,85%, наиболее высокое отмечается в ближайшем к центру активности образце (также как и потери при прокаливании для образца О-15).

Гранулометрический состав пеплов характеризуется чрезвычайной тонкозернистостью. В пепле, отобранном 4 марта 2009 г. примерно в 2-х км от цен-



Рис. 1. Активность Корякского вулкана 13 марта 2009 г. Фото А. П. Максимова.

Таблица 1. Химические составы пеплов извержения Корякского вулкана в 2009 г.

№	Образец	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO
1	О-15	58,96	0,73	14,97	3,09	3,96	0,11	3,06	6,41
2	М-2009/3	58,14	0,85	17,72	7,61	н.о.*	0,098	3,34	5,43
3	М-2009/1	58,58	0,83	17,81	7,49	н.о.	0,087	2,95	5,31
4	М-2009/6	55,87	0,86	17,14	8,12	н.о.	0,108	3,64	6,86

№	Образец	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	п.п.п.**	Σ	Дата отбора
1	О-15	3,01	1,4	0,175	н.о.	2,99	99,31	4 марта 2009 г.
2	М-2009/3	3,33	1,29	0,13	1,79	н.о.	99,73	13 марта 2009 г.
3	М-2009/1	3,31	1,34	0,08	1,95	н.о.	99,74	13 марта 2009 г.
4	М-2009/6	2,97	1,23	0,11	2,85	н.о.	99,76	2 апреля 2009 г.

\* не определялось.

\*\* потери при прокаливании

Номера анализов соответствуют номерам точек на рис. 3. Анализы: 1 — силикатный химический анализ (ИВиС ДВО РАН); 2–4 — рентгенофлуоресцентная спектроскопия (ИГЕМ РАН)

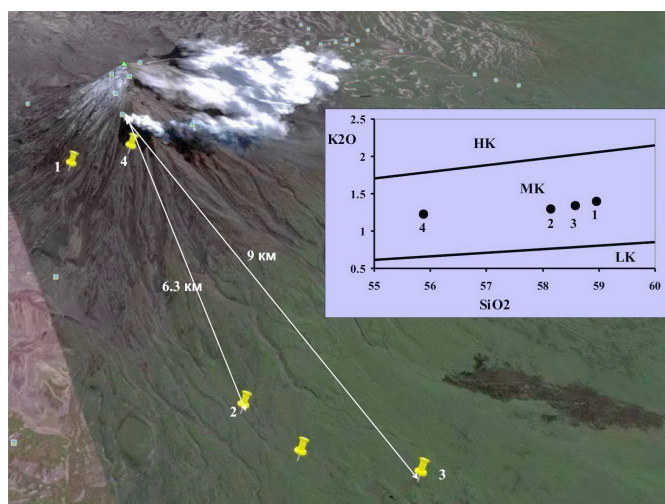


Рис. 2. Точки отбора образцов пепла извержения Корякского вулкана и положение их составов на диаграмме K<sub>2</sub>O — SiO<sub>2</sub>. LK, MK, HK — поля низко-, средне- и высококальциевых андезитов, соответственно. Номера точек на графике и изображении соответствуют номерам в табл. 1. Отрезки с обозначением длины указывают расстояние точек от центра извержения.

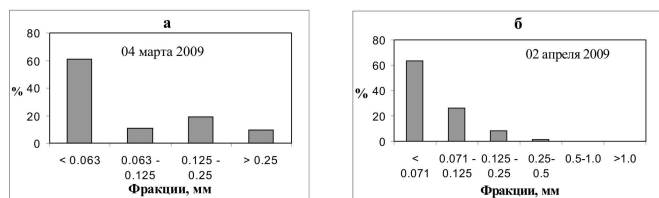


Рис. 3. Гистограммы гранулометрического состава пеплов Корякского вулкана, отобранных: а — 4 марта 2009 г.; б — 2 апреля 2009 г. [3].

тра извержения, практически отсутствуют частицы крупнее 0,5 мм, и резко преобладает фракция <0,063 мм (рис. 3а). В то же время распределение фракций по размерности характеризуется бимодальностью, т. к. небольшой максимум наблюдается в об-

ласти 0,125–0,25 мм. Наши результаты несколько отличаются от данных, полученных О. А. Гириной [2] (рис. 3б) для пепла, отобранного на расстоянии ~500 м от центра извержения 2 апреля. В последних отсутствует бимодальность и значительно меньше доля более крупных фракций. Возможно, данные различия вызваны неполнотой отсеивания тонких фракций в нашем анализе.

Подавляющее преобладание в пеплах частиц тонких размерностей объясняет большую протяжённость эруптивных шлейфов (сотни км) при весьма скромных масштабах извержения [2]. По-видимому, в пеплах достаточно существенно доля так называемой, вдыхаемой фракции (<4 мкм). Высокая пылеватость пеплов в сочетании с присутствием в них частиц кристаллического кремнезёма и других минералов высокой твёрдости (см. далее), разнос пеплов на большие расстояния, делал их потенциально опасными для здоровья. К счастью, основные направления шлейфов были направлены в сторону от населённых центров.

Минеральный состав пеплов отличается крайним разнообразием. Под бинокляром обнаружены обычные магматические минералы: пироксены (преобладают среди темноцветных), оливин, плагиоклаз, магнетит, а также широкий набор акцессорных минералов. В пробе пепла, отобранной 4 марта 2009 г., после сепарации тяжёлых фракций были обнаружены: барит, сфен, циркон, рутил, корунд, гранат, пирит, пирротин, ильменит, шпинель, муассанит, апатит. Примечательно обилие кристаллов циркона, образующего две генерации, различающиеся по форме и цвету. Корунд встречается также в виде разновидностей синего и розового цвета. Для синего корунда характерны хорошо огранённые пирамидальные и пластинчатые кристаллы. Среди зёрен граната обнаружены альмандин,grossуляр и разновидности андрадита зелёного и медово-жёлтого цвета. Кроме того, в пеплах присутствуют многочисленные светло-серые пористые зёрна, пемзовидного облика. Частиц бесцветного кислого стекла сферолитовой тек-

стуры, описанных в пеплах извержения Корякского вулкана в 1957 г. [11], не обнаружено. Обращает на себя внимание обилие частиц изменённых пород белесого, серого, до чёрного облика, сложенных минералами кремнезёма, обогащённых дисперсной, тонкозернистой фазой сульфидов железа (пирита). В пеплах, отобранных спустя месяц, 4 апреля 2009 г., циркона, граната, корунда, рутила, сфена в таких количествах уже не обнаружено.

Методом порошковой дифрактометрии во фракции пепла <0,008 мм определены анортит, а также гипс, кристобалит, марганцевый клинопироксен, оливин и пирит.

На микрозонде обнаружены: оливин, орто- и клинопироксены, плагиоклаз, магнетит, ильменит, отдельные зёрна глинозёмистой шпинели, калиевый полевой шпат, анортит, гранаты, варьирующие по составу, сфен, рутил, кварц, стекло. Обнаружены также зёрна кремнезёма с низкими суммами микрозондовых анализов, вероятно из-за высоких содержаний воды.

По данным микрозондовых анализов, составы темноцветных минералов и плагиоклаза типичны для известково-щелочных базальтов-андезитов (рис. 4 а, б, с). Составов, отвечающих минералам высокомагнезиальных базальтов, характерных для лавовых потоков последнего этапа магматической активности в районе Корякского вулкана, не обнаружено. Составы стёкол заключены в интервале 60–80%  $\text{SiO}_2$  и весьма существенно варьируют по остальным компонентам.

### Генетическая характеристика пеплов

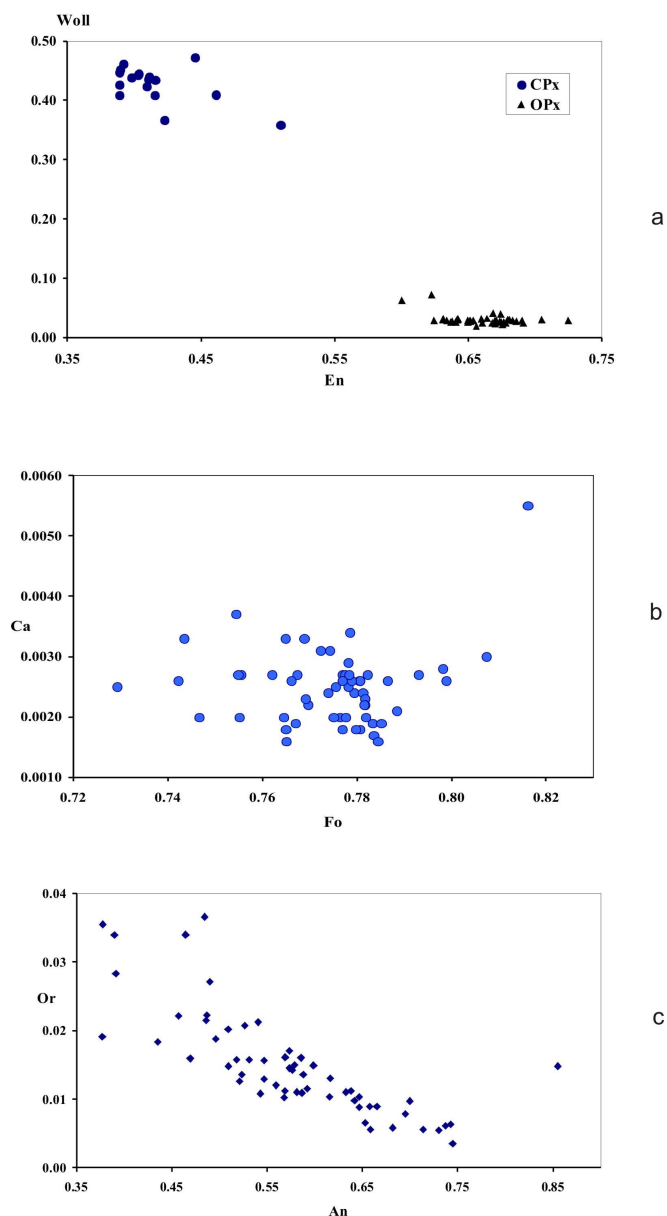
Минералы, обнаруженные в пеплах извержения, можно разбить на три группы:

1) Породообразующие минералы основных и средних магматических пород: плагиоклаз, орто- и клинопироксены, оливин, магнетит, а также вулканическое стекло.

2) Акцессорные минералы: сфен, циркон, рутил, корунд, гранат, пирит, ильменит, шпинель, муассанит, апатит, пирротин. Вероятно, часть акцессориев имеет магматическое происхождение, а часть образовалась в ходе различных постмагматических процессов. Хорошая огранка ряда минералов, возможно, вызвана их ростом из газовой фазы на стенках подводящих трещин.

3) Минералы, которые можно отнести к гидротермальным: гипс, барит, пирит, сера, кварц, кристобалит, аморфный кремнезём, фазы кремнезёма с низкими суммами микрозондовых анализов, сульфиды железа, калиевый полевой шпат.

Особенности гранулометрического и минерального состава указывают на резургентную и смешанную природу пеплов. Они представлены смесью минералов магматического и, в значительной степени, гидротермального генезиса. Таким образом, пеплы имеют смешанное, резургентно-гидротермальное происхождение.



**Рис. 4.** Диаграммы составов породообразующих минералов в пеплах извержения Корякского вулкана 2009 г. в координатах: а — Woll-En (воластонит-энстатит) для пироксенов, б — Ca-Fo (Ca -форстерит) для оливина, с — Or-An (ортоклаз-анортит) для плагиоклаза.

### Природа активизации вулкана

В связи с активизацией Корякского вулкана существуют различные мнения о том, как называть происходящее на вулкане: усилением фумарольной активности, просто активизацией [2, 10], или извержением, как в 1957 г. [11]. Так как в ходе активизации вулкана, длительное время наблюдалось выделение пепла с отложением пепловых покровов в окрестностях вулкана и образованием протяжённых эруптивных шлейфов, то естественно называть происходящее извержением.

В Справочнике по вулканологии [1] термину «извержение» посвящено около полутора сотен статей. Как визуальным наблюдениям, так и результатам изучения пеплов наиболее отвечает термин «гидротермальное извержение». Отсутствие в пеплах частиц свежего стекла, наличие минералов, присущих гидротермальным образованиям, и визуальные наблюдения указывают на то, что данное извержение непосредственно не связано с магматическим процессом, в отличие от модели, рассмотренной в [6]. Это позволяет отнести данное извержение к типу гидротермальных трещинных [5]. Их возникновение связывается с поступлением на поверхность по тектоническим трещинам, возникающим в районах интенсивной сейсмической и вулканической деятельности, перегретых подземных вод. Наличие развитой гидротермальной системы под Корякским вулканом подтверждается комплексом данных, представленным в работе [8]. Там же отмечено существенное изменение режима источников, расположенных в пределах выделяемого в указанной работе геотермального резервуара, как вероятный отклик на активизацию вулкана.

Непосредственной причиной извержения могли послужить как (1) региональная тектоническая активизация, усилившая доступ подземных вод к в зону прогрева очага Корякского вулкана, так и (2) образование новых контракционных трещин в кровле очага, вызванные его остыванием. На это указывают высокие температуры газов, порядка 400°С [6] по сравнению с максимальной температурой 213°С, наблюдавшейся в 1983 г. [12].

## Резюме

Таким образом, результаты проведенных исследований указывают, что в 2008–2009 гг. на Корякском вулкане имело место слабое извержение гидротермально-трещинного типа, непосредственно не связанное с магматическим процессом.

## Список литературы

1. Влодавец В.И. Справочник по вулканологии // М.: Наука. 1984.
2. Гирина О.А., Маневич А.Г., Мельников Д.В. и др. Активность вулкана Корякский с октября 2008 г. по октябрь 2009 г. по данным KVERT // Материалы конференции, посвящённой Дню вулканолога, 30–31 марта 2009 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2010. С. 15–23.
3. Гордеев Е.И., Сенюков С.Л. Сейсмическая активизация вулкана Корякский в 1994 г.: гибридные сейсмические события и их применение для оценки вулканической опасности // Вулканология и сейсмология, 1998, № 4–5. С. 112–126.
4. Гущенко И.И. Состояние Корякского вулкана в апреле – мае 1957 г. // Бюлл. вулканол. ст., 1959, № 28. С. 21–22.
5. Иванов В.В. О роли подземных вод и газо-гидротермальной деятельности областей современного вулканизма // Современный вулканизм. Тр. второго Всес. вулканол. совещания. М.: Наука. 1964. Том. 1. С. 174–185.
6. Иванов Викт. В. Активизация вулкана Корякский (Камчатка) в конце 2008 – начале 2009 гг.: оценки выноса тепла и водного флюида, концептуальная модель подъёма магмы и прогноз развития активизации // Материалы конференции, посвящённой Дню вулканолога, 30–31 марта 2009 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2010. С. 24–38.
7. Кирсанов И.Т., Медведева Г.Г., Серафимова Е.К. Фумарольная деятельность Авачинского и Корякского вулканов // Бюлл. вулканол. ст., 1964, № 38. С. 3–32.
8. Кирюхин А.В., Черных Е.В., Рычкова Т.В. Моделирование гидрогеологических процессов в Корякско-Авачинском вулканогенном бассейне // Материалы ежегодной конференции, посвящённой Дню вулканолога «Современный вулканизм и связанные с ним процессы», 29–30 марта 2010 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011 г. С. 118–126.
9. Набоко С.И. Современные фации гидротермально изменённых пород // Современный вулканизм. Тр. второго Всес. вулканол. совещания. М.: Наука. 1964. Том. 1. С. 129–135.
10. Селивёрстов Н.И. Активизация вулкана Корякский на Камчатке // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2009, № 1, вып. № 13. С. 7–9.
11. Сирин А.Н., Тимербаева К.М. Извержение Корякского вулкана в начале 1957 г. // Бюлл. вулканол. ст., 1959, № 28. С. 3–20.
12. Таран Ю.А. Фумарольная активность Корякского вулкана в 1983 г.оду // Вулканол. и сейсмол., 1985, № 3. С. 82–85.